

Bronisława HANAK, Magdalena KOKOWSKA-PAWŁOWSKA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## ZRÓŻNICOWANIE PETROGRAFICZNO-MINERALOGICZNE ORAZ ZMIENNOŚĆ ZAWARTOŚCI PIERWIĄTKÓW ŚLADOWYCH W TONSTEINIE Z POKŁADU 610

**Streszczenie.** W opracowaniu przedstawiono wyniki badań wpływu struktury, składu mineralnego i chemicznego na zawartość pierwiastków śladowych w tonsteinie z pokładu 610. W wyniku badań stwierdzono, że na znaczną zmienność udziału pierwiastków śladowych ma przede wszystkim wpływ - charakter regionalny. Przyczyną tego były odmienne warunki geochemiczne występujące w środowiskach obszarów badań. Ponadto zauważono wyraźny wpływ typu struktury, a także stopnia wykrywania kaolinitu w tonsteinie na zawartość pierwiastków śladowych w próbkach pochodzących z jeden kopalni.

## PETROGRAPHIC AND MINERAL VARIABILITY AND THE CHANGE OF THE TRACE ELEMENTS CONTENT IN THE TONSTEINS OF THE 610 COAL SEAM

**Summary.** The results of the influence of structure, mineral and chemical composition of the trace elements of the tonstein of the 610 coal seam were presented in this article. The results of the investigations indicate that the significant variability of the trace elements are determined mainly by regional character. It was connected with different geochemical conditions of the environment of the investigated areas. Moreover, the content of the trace elements from the samples come from the same coal mine is connected with the type of the tonstein structure and the type of the kaolinite crystal structure.

### 1. Wprowadzenie

Tonsteiny, zaliczane do skał pochodzenia tufogenicznego, przedstawiają odmienny typ genetyczny skał ilastych zasobnych w kaolinit, utworzonych w torfowisku z materiału

piroklastycznego – popiołów wulkanicznych. Występują głównie w formie przerostów w licznych pokładach węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, gdzie tworzą przerosty o miąższości od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Z uwagi na duże rozprzestrzenienie lateralne wykorzystywane są do korelacji pokładów węgla. Jednakże główną cechą, wyróżniającą tonsteiny spośród ilowców karbońskich jest duża zawartość  $Al_2O_3$ , nadająca im właściwości ogniotrwałe. Przez długie lata tonsteiny były wykorzystywane do produkcji materiałów ogniotrwałych [4, 10, 13].

Z uwagi na wymienione szczególnie cechy tonsteinu były one przedmiotem wielu opracowań [1, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 17].

Stwierdzono m.in., że skały te w zależności od charakteru petrograficznego popiołów i warunków panujących w torfowisku wykazują zróżnicowaną strukturę i teksturę oraz skład mineralny i chemiczny [3, 14].

Mniej uwagi dotychczas poświęcono badaniom geochemicznym tonsteinów, wobec czego podjęto badania, których celem było wykazanie wpływu zmiennej struktury oraz ich składu mineralnego i chemicznego na zawartość pierwiastków śladowych. Do badań wybrano tonstein z pokładu 610 uznawany za jeden z najbardziej stałych poziomów przewodnich GZW [2, 6, 11, 12].

Próbki pobrano z obszarów: ZWSM Jadwiga (próbki nr 1 i 2), KWK Sośnica (próbki nr 3 i 4) i KWK Marcel – ruch 1 Maja (próbka nr 5). Kopalnie te zlokalizowane są w różnych rejonach, obejmujących: zachodnią część niecki bytomskiej (ZWSM Jadwiga), północno-zachodni brzeg niecki głównej (KWK Sośnica) oraz południowe skrzydło niecki chwałowickiej (KWK Marcel – ruch 1 Maja).

Próbki tonsteinu poddano badaniom mikroskopowym w świetle przechodzącym, klasycznej analizie chemicznej oraz spektroskopowej, w celu oznaczenia zawartości pierwiastków śladowych. Badania spektroskopowe wykonano w spektrometrze emisyjnym AES z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP), typu JY 2000.

## 2. Wyniki badań

### 2.1. Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna tonsteinu

Tonstein w pokładzie 610 występuje w formie przerostu w węglu o zmiennej miąższości wynoszącej w miejscu opróbowania od 0,05 m do 0,12 m, w przystropowym odcinku pokładu. Makroskopowo wyróżnia się barwą szarą z odcieniem beżowym oraz

charakterystyczną strukturą dwudzielną. W dolnej części warstwy aleurytową bądź psamitową, przechodzącą w górnej części w pelitową.

Badane mikroskopowo próbki wykazały obecność zróżnicowanych struktur. Najczęściej występowała struktura skrytokrystaliczna lokalnie przechodząca w krystaliczną, zaznaczającą się obecnością licznych blaszek biotytu w różnym stopniu skaolinityzowanych (próbki nr 2 i 5) (tabl. 1). Struktura ta wynika z obecności w próbkach dużej zawartości kaolinitu o strukturze żelowo-nodularnej i deformacyjnej, często zaburzonej laminacji oraz ograniczonego udziału rezystatów (okruchów kwarcu, skaleni, szkliwa).

Tablica 1

Wyniki analizy planimetrycznej tonsteinu z pokładu 610 [% obj.]

Składnik	Numer próbki / struktura				
	Próbka nr 1 Krupowa, lokalnie ziarnista	Próbka nr 2 Skrytokrystaliczna, lokalnie krystaliczna	Próbka nr 3 Krystaliczna, lokalnie ziarnista	Próbka nr 4 Krystaliczna, lokalnie skrytokrystaliczna	Próbka nr 5 Skrytokrystaliczna, lokalnie krystaliczna
Tło skalne:					
- kaolinitowe	42,7	47,2	36,4	22,3	33,5
- illitowe			3,8	18,1	12,4
Kaolinit krystal.	9,0	1,5	10,3	2,6	0,8
Zdewitryfikowane szkliwo	2,0	0,5	0,5	0,4	1,6
Kwarc piroklastyczny	2,6	3,5	4,8	0,4	1,1
Agregaty Bt-K	9,0	8,3	11,3	19,6	10,2
Agregaty Bt-I	1,7	1,5	3,1	11,2	4,1
Biotyt	8,9	5,3	4,8	4,8	5,8
Serycyt	-	-	-	2,3	-
Okruchy skalne	4,3	-	2,8	0,4	-
Kwarc terygeniczny	7,5	6,4	8,6	4,8	4,7
Kwarc żyłowy	-	5,9	-	1,3	1,6
Skalenie potasowe	3,3	6,5	4,1	5,1	7,1
Plagioklasy	0,9	śl.	-	-	-
Syderyt	1,6	1,2	1,4	0,9	0,8
Apatyt	-	-	-	0,4	-
Węgiel	6,5	12,2	8,1	5,4	16,3
Suma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Objaśnienia: próbka nr 1 – ZWSM Jadwiga (poz. 575 m), próbka nr 2 – ZWSM Jadwiga (poz. 825 m), próbka nr 3 – KWK Sośnica (poz. 950 m), próbka nr 4 – KWK Sośnica (poz. 750 m), próbka nr 5 – KWK Marcel ruch 1Maja (poz. 600 m)

Agregaty Bt-K – agregaty biotytowo-kaolinitowe, Agregaty Bt-I – agregaty biotytowo-illitowe

W jednej próbce (próbka nr 1) dominowała struktura krupowa, wyróżniająca się obecnością optycznie izotropowych lub skrytokrystalicznych krup kaolinitowych. Stwierdzono także

strukturę krystaliczną dominującą w próbce nr 3, charakteryzującą się występowaniem tabliczkowych, pseudomorfozowych bądź robakowatych krystalicznych agregatów kaolinitu. W próbkach nr 1 i 3 lokalnie obserwowano także strukturę ziarnistą utworzoną przez mieszaninę rezystatów, agregatów i skupisk kaolinitu, przypominającą struktury skał drobnookruchowych.

Zależnie od typu struktury próbki wykazały charakterystyczne zróżnicowanie składu mineralnego (tabl. 1).

Próbka o zdecydowanej przewadze udziału struktury skrytokrystalicznej (próbka nr 2) wykazała bowiem w swoim składzie mineralnym najwyższą zawartość tła kaolinitowo-illitowego przy obniżonej zawartości biotytu i agregatów biotytowych.

Jednocześnie w próbce tej największy jest udział kwarcu żyłowego. Uważa się, że tonsteiny skrytokrystaliczne tworzyły się w wyniku kaolinityzacji popiołów wulkanicznych krystalicznego szkliwa.

Na uwagę zasługuje także struktura krystaliczna (próbka nr 4) charakteryzująca się wysokim udziałem agregatów biotytowo-kaolinitowych i biotytowo-illitowych.

Tonstein o strukturze krystalicznej (próbka nr 3) lub krupowej (próbka nr 1) cechuje się natomiast wyraźnie podwyższoną zawartością krystalicznego kaolinitu w porównaniu z pozostałymi badanymi próbkami. Tonstein o strukturze krystalicznej zawiera kaolinit głównie w formie tabliczek, pseudomorfoz po skaleniach lub robakowatych skupień. Tonstein krupowy zawiera prawie izotropowe skupiska mikrokrystalicznego kaolinitu, otoczone cienką otuliną węglową.

Wymienionym składnikom mineralnym występującym w badanych próbkach stale towarzyszy kwarc terygeniczny i w mniejszych ilościach piroklastyczny, a w niektórych próbkach także żyłowy.

Wszystkie próbki wykazały obecność zmiennych ilości skaleni potasowych, niewielkiej ilości ziaren zdewitryfikowanego szkliwa, syderytu oraz znaczne ilości przeważnie rozproszonej substancji organicznej.

## 2.2. Skład chemiczny

Badane próbki wykazały zmienny, a zarazem charakterystyczny dla tonsteinu, skład chemiczny, co ilustrują wyniki zamieszczone w tabelicy 2.

Charakterystyczną cechą tonsteinu jest duża zawartość  $Al_2O_3$ , zmienna w zakresie od 27,15 % do 31,12 % oraz względnie niska, jak dla łowców, obliczona wartość stosunku molekularnego  $SiO_2/Al_2O_3$  wahająca się w zakresie od 2,29 do 2,91 (tabl. 2). Zmienne

wartości  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , korelują z obserwowanym mikroskopowo zmiennym stopniem kaolinityzacji składników materiału wyjściowego (głównie biotyty, skaleni). Im niższa jest jego wartość, tym silniejszą obserwuje się kaolinityzację tych składników. Wśród badanych próbek najniższe wartości  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  stwierdzono w próbce nr 2, o wysokim stopniu skaolinityzowania przejawiającym się dominującą obecnością struktury skrytokrystalicznej, przy minimalnym udziale rezystatów.

Niską wartością współczynnika  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  charakteryzuje się także próbka nr 1 przedstawiająca tonstein o strukturze krupowej, mikroskopowo wyróżniająca się wysokim udziałem skupień skrytokrystalicznego kaolinitu i kaolinitowego tła skalnego.

Warto zaznaczyć, że obydwie próbki zostały pobrane w obszarze ZWSM Jadwiga.

Tablica 2

## Skład chemiczny tonsteinu z pokładu 610

Składnik	Numer próbki / struktura				
	Próbka nr 1 Krupowa, lokalnie ziarnista	Próbka nr 2 Skrytokrystaliczna, lokalnie krystaliczna	Próbka nr 3 Krystaliczna, lokalnie ziarnista	Próbka nr 4 Krystaliczna, lokalnie skrytokrystaliczna	Próbka nr 5 Skrytokrystaliczna, lokalnie krystaliczna
	% m/m				
$\text{SiO}_2$	43,05	41,92	46,40	47,62	48,25
$\text{Al}_2\text{O}_3$	29,51	31,12	27,15	28,21	28,52
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5,91	3,57	2,09	2,37	2,24
FeO	0,91	1,16	1,69	1,32	1,58
MnO	0,03	0,05	0,10	0,09	0,07
CaO	1,43	2,13	2,68	2,71	0,56
MgO	1,33	2,34	0,94	1,34	1,62
$\text{Na}_2\text{O}$	0,45	0,36	0,22	0,31	0,66
$\text{K}_2\text{O}$	0,46	0,39	0,85	1,21	2,55
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,94	0,87	1,62	1,51	1,39
$\text{S}_p^d$	0,51	0,59	0,65	0,71	0,61
$\text{H}_2\text{O}^-$	2,00	0,99	1,12	1,16	0,86
straty	13,21	15,12	14,27	12,25	11,07
Suma	99,74	100,61	99,78	100,81	99,98
	r. mol · 10 000				
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	2,48	2,29	2,91	2,87	2,88
$\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,02	0,01	0,03	0,05	0,09
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ; : $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	124,00	229,00	97,00	57,40	32,00

Objaśnienia: próbka nr 1 – ZWSM Jadwiga (poz. 575 m), próbka nr 2 – ZWSM Jadwiga (poz. 825 m), próbka nr 3 – KWK Sośnica (poz. 950 m), próbka nr 4 – KWK Sośnica (poz. 750 m), próbka nr 5 – KWK Marcel ruch 1 Maja (poz. 600 m)

Istotnym wskaźnikiem przemian, które zachodziły w materiale piroklastycznym w środowisku tworzenia się węgla, jest stosunek  $K_2O/Al_2O_3$ , co wiąże się z kaolinityzacją składników zawierających potas. Najniższe wartości stosunku drobinowego  $K_2O/Al_2O_3$  (0,01–0,02), charakteryzują silnie skaolinityzowane próbki nr 2 i 1.

Jednocześnie wskaźnik ten związany jest ze stopniem illityzacji glinokrzemianów i jest tym wyższy, im wyższa jest jego wartość. Najwyższą wartość tego wskaźnika stwierdzono w próbce nr 5.

Opisane zależności pomiędzy  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  i  $K_2O$  potwierdzają wartości stosunku  $SiO_2/Al_2O_3 : K_2O/Al_2O_3$ , które są tym wyższe, im wyższy jest stopień kaolinityzacji.

Pozostałe oznaczone składniki ( $FeO$  i  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $Sp$ ) wykazały również mniej lub bardziej zmienne zawartości odpowiednio do ich zróżnicowanego składu mineralnego (tabl. 1 i tabl. 2).

### 2.3. Charakterystyka udziału pierwiastków śladowych

Wyniki analizy zawartości wybranych pierwiastków śladowych w próbkach w większości wykazały wyraźne zróżnicowanie (tabl. 3).

Względnie mało zróżnicowane zawartości wykazały takie pierwiastki, jak: B, Ba, Ag, Ge, Li, Be, As, natomiast wyraźnie zróżnicowany udział wykazały pierwiastki: Cr, Ni, Pb, Zn, Mn i Ga.

Podczas analizy zmienności zawartości pierwiastków śladowych w próbkach tonsteinu zwraca uwagę jej zróżnicowanie regionalne.

Stwierdzono bowiem, że pierwiastki w przeważającej liczbie wykazały znacznie wyższy (niekiedy wielokrotnie wyższy) udział w tonsteinie opróbowanym w KWK Marcel – ruch 1 Maja (próbka nr 5). Zaliczają się do nich m.in. takie pierwiastki, jak: Pb, Zn, Cr, Co i Sr.

Te same pierwiastki charakteryzują się wyraźnie niższą zawartością w próbkach pochodzących z obszarów KWK Sośnica (próbki nr 3 i 4) i często najniższą w próbkach z rejonu ZWSM Jadwiga (próbka nr 1 i 2).

Nieliczne pierwiastki, jak: Ba, Cu, Ni i Mn maksymalną zawartość wykazały w tonsteinie z KWK Sośnica.

Na regionalne zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych w skałach ilastych towarzyszących pokładowi 610 zwracano już wcześniej uwagę i stwierdzono, że jego główną przyczyną były odmienne warunki geochemiczne w środowiskach sedymentacyjnych opróbowanych obszarów [9].

Zmienność udziału badanych pierwiastków starano się także powiązać ze strukturą i stopniem kaolinityzacji tonsteinu. Z uwagi na uzyskane zróżnicowanie regionalne zawartości pierwiastków, porównano ich udziały w próbkach tonsteinu pochodzących z tego samego obszaru.

W tonsteinie z obszaru ZWSM Jadwiga można zaobserwować wyższy udział licznych pierwiastków w próbce o strukturze skrytokrystalicznej, lokalnie krystalicznej, charakteryzującej się najwyższym stopniem kaolinityzacji ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,29$ ). Do pierwiastków tych zalicza się: B, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Sr, Ag, Li, V i As.

Tablica 3

Udział pierwiastków śladowych w próbkach tonsteinu z pokładu 610 [ppm]

Pierwiastek	Numer próbki / struktura				
	Próbka nr 1 Krupowa, lokalnie ziarnista	Próbka nr 2 Skrytokrystaliczna, lokalnie krystaliczna	Próbka nr 3 Krystaliczna, lokalnie ziarnista	Próbka nr 4 Krystaliczna, lokalnie skrytokrystaliczna	Próbka nr 5 Skrytokrystaliczna, lokalnie krystaliczna
B	6,2	7,6	10,2	9,5	6,6
Ba	115,0	121,0	149,0	163,0	135,0
Cd	2,0	2,3	0,5	2,5	3,1
Co	24,0	21,0	12,0	6,0	41,0
Cr	47,0	51,0	67,0	64,0	173,0
Cu	25,0	38,0	56,0	84,0	73,0
Ni	43,0	31,0	30,0	91,0	125,0
Pb	39,0	47,0	33,0	75,0	282,0
Zn	99,0	82,0	119,0	184,0	462,0
Mn	24,0	39,0	80,0	161,0	131,0
Ag	0,8	1,1	0,7	0,9	2,4
Sr	1,0	2,0	1,0	4,0	17,0
Ge	19,0	17,0	11,0	15,0	22,0
Be	26,0	24,0	15,0	18,0	17,0
Li	5,0	8,0	12,0	14,0	9,0
V	11,0	14,0	21,0	18,0	35,0
As	23,0	25,0	16,0	19,0	22,0
Ga	56,0	42,0	56,0	31,0	88,0

Objaśnienia: próbka nr 1 – ZWSM Jadwiga (poz. 575 m), próbka nr 2 – ZWSM Jadwiga (poz. 825 m), próbka nr 3 – KWK Sośnica (poz. 950 m), próbka nr 4 – KWK Sośnica (poz. 750 m), próbka nr 5 – KWK Marcel ruch 1Maja (poz. 600 m)

W tonsteinie o strukturze krupowej – próbka nr 1 – stwierdzono natomiast wyższy udział: Co, Ni, Zn, Ge, Be, i Ga, przy jednocześnie nieco niższym stopniu kaolinityzacji ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,48$ ).

W tonsteinie pochodzącym z rejonu KWK Sośnica liczne pierwiastki wykazały wyższy udział w próbce o strukturze krystalicznej, lokalnie skrytokrystalicznej. Zaliczają się do nich takie pierwiastki, jak: Ba, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Sr, Ag, Ge, Be, Li i As.

Tonstein o strukturze krystalicznej, lokalnie ziarnistej charakteryzuje się przeważającym udziałem nielicznych pierwiastków jak: B, Co, Cr, V i Ga. Zwraca uwagę, że próbki te charakteryzują się zbliżonymi wartościami wskaźnika kaolinityzacji ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,91$  i  $2,87$ ).

Z powyższych porównań wynika, że podwyższonej koncentracji wielu pierwiastków w tonsteinie sprzyja obecność struktury skrytokrystalicznej, dla której charakterystyczne jest występowanie znacznych ilości słabo wykrystalizowanego kaolinitu. Ten typ struktury występuje zarówno w próbce nr 2 (ZWSM Jadwiga) i w próbce nr 4 (KWK Sośnica). Próbki te wykazały wyższy udział licznych pierwiastków niż w porównywalnych z nimi próbkach zawierających krystaliczny kaolinit (próbka nr 3) bądź dobrze wykrystalizowany kaolinit w formie krupowej (próbka nr 1). Wynika z tego, że występowaniu w tonsteinie kaolinitu dobrze wykrystalizowanego towarzyszy słabsza absorpcja pierwiastków śladowych. Zatem udział w tych skałach pierwiastków śladowych zależy nie tylko od ich stopnia kaolinityzacji, jak uważa Łapot W. (1992), ale także od stopnia wykrystalizowania kaolinitu [14].

Większej zawartości pierwiastków śladowych w próbkach może także sprzyjać, jak się wydaje na podstawie uzyskanych wyników, obecność struktury krystalicznej, w skład której wchodzi przeobrażone agregaty biotyto-kaolinitowe i biotyto-illitowe. W procesie kaolinityzacji i illityzacji biotyту z jego struktury chemicznej uwalniane są bowiem liczne pierwiastki, które następnie absorbowane są przez minerały ilaste.

Możliwe jest więc, że najwyższy udział wielu pierwiastków śladowych w próbce nr 5 jest częściowo wynikiem występowania w niej kaolinitu, głównie słabo wykrystalizowanego, oraz znacznych ilości biotyту, w różnym stopniu przeobrażonego. Nie bez znaczenia jest także najwyższa w tym tonsteinie zawartość substancji organicznej, nośnika wielu pierwiastków.



### 3. Podsumowanie

Tonstein, opróbowany w różnych obszarach występowania pokładu 610 charakteryzuje się wyraźnie zmienną mikrostrukturą, składem chemicznym i wynikającym z niego, stopniem kaolinityzacji.

Znaczną zmiennością charakteryzuje się także udział pierwiastków śladowych. Wykazano, że zmienność ta ma charakter regionalny. Największą zawartością licznych pierwiastków charakteryzuje się tonstein z obszaru KWK Marcel – ruch 1 Maja, mniejszymi z KWK Sośnica, a przeważnie najmniejszymi z obszaru ZWSM Jadwiga. Świadczy to o wpływie zróżnicowanych warunków geochemicznych występujących w środowisku sedymentacyjnym na tych obszarach.

Stwierdzono, że na zawartość pierwiastków śladowych w próbkach pochodzących z jednej kopalni wyraźny wpływ ma typ struktury i stopień wykrystalizowania kaolinitu w tonsteinie. Tonstein zawierający słabo wykrystalizowany kaolinit charakteryzuje się większą zawartością pierwiastków śladowych niż w obecności dobrze wykrystalizowanego kaolinitu. Istotny wpływ, jak się wydaje, na zawartość pierwiastków śladowych w tych skałach ma także znaczny w nich udział biotyty w różnym stopniu przeobrażonego.

### LITERATURA

1. Adamczyk Z.: Tonsztajn z pokładu węgla 610 z niecki jejkowickiej. I Cesko-polske Conference o Sedimentologii Karbonu Hornoslezske Panve, Ostrava, 1993.
2. Adamczyk Z.: The importance of tonstein from the Coal Seam 610 as the correlation horizon in the southwestern part of the Upper Silesian Coal Basin. *Kwartalnik Geologiczny*, vol. 41, s. 309-314. PIG, Warszawa, 1997.
3. Adamczyk Z.: Studium petrograficzne wkładek płonnych z pokładów węgla górnych warstw brzeżnych niecki jejkowickiej. *Prace Geologiczne 144 – PAN*. Wyd. Inst. Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, 1998.
4. Budkiewicz M.: Karbońskie łupki ogniotrwałe. *Hutnik*, 13, 1948.
5. Dopita M., Kralik J.: Uhelne tonsteiny ostravsko-karvinskeho reviru. Ostrava, 1977.
6. Gabzdyl W.: Dalsze stwierdzenia tonsztajnu w pokładzie 610 GZW. *Przegląd Geologiczny*, nr 1. Wyd. Geol. Warszawa, 1984.
7. Gabzdyl W., Duźniak S.: Rola tonsteinu z pokładu 610 w identyfikacji pokładów węgla warstw porębskich w obszarze górniczym kopalń „Knurów” i „Sośnica”. *Przegląd Górniczy*, 7-8: 210-214, 1986.
8. Gabzdyl W.: Charakterystyka petrograficzna tonsteinów GZW. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl.*, seria: *Górnictwo*, z. 187, s. 7-24, 1990.
9. Hanak B., Kokowska-Pawłowska M.: Zmienność zawartości pierwiastków śladowych i podrzędnych w węglu i skałach towarzyszących pokładom warstw porębskich (610

- i 620). Projekt badawczy o numerze 5T12B 022 23. Archiwum Instytutu Geologii Stosowanej. Politechnika Śląska, 2005.
10. Kuhl J.: Surowce mineralne towarzyszące złożom węgla i ich wykorzystanie. *Przeгляд Geologiczny*, nr 6. 248-255, 1957.
  11. Kuhl J., Kapuściński T.: Piroklastyczne osady w warstwach porębskich (grodzieckich) kopalni Milowice. *Ibidem* nr 8, 1968.
  12. Kuhl J.: Nowe stwierdzenie występowania łupków ogniotrwałych w dolnych warstwach mikołowskich. *Przeгляд Geologiczny* nr 8-9, 1972.
  13. Kuhl J.: Karboński łupek szlifierski z kop. „Gliwice”, jego budowa mineralna, geneza i wartość przemysłowa. *Wyd. Separator 1*, 1974.
  14. Łapot W.: Zróżnicowanie petrograficzne tonsteinów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prace Naukowe Uniw. Śl.*, nr 1326. Katowice, 1992.
  15. Ryszka J., Gabzdyl W.: Tonsztajny i inne skały tufogeniczne jako wskaźnik czasu, ich znaczenie dla rozpoznawania i eksploatacji pokładów węgla w GZW. *Zeszyty Naukowe Pol. Śl.*, seria: Górnictwo, z. 149, 1986.
  16. Środoń J.: Mineralogy of Coal-tonstein and K-bentonite from Coal-seam no 610, Bytom Trough (Upper Silesian Coal Basin) Poland. *Bull. Acad. Pol. Sci.*, vol. 20/3, 1972.
  17. Święch F., Kwiecińska B.: Heavy metal concentrations in bituminous coal from the “Janina” coal mine, Libiąż, USCB, Poland. *Mineralogia Polonica*, vol. 34, no. 1, 2003.

Recenzent: Prof. dr hab. Barbara Kwiecińska